Robotica

A. Schellekens

Docentenhandleiding

LEGO®

Educaboek

© Educaboek 1986
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission from the publisher.

© LEGO Nederland b.v.
LEGO® is een gedeponeerd handelsmerk van de LEGO Group Denemarken, hier gebruikt met toestemming van LEGO Nederland b.v. te Grootegast.

Inhoudsopgave

Voorwoord 5

1. Inleiding 6

1.1 Onderwijsleerpakket robotica 6
1.2 Doel en inhoud 6
1.3 Doelgroep 7
1.4 Organisatie 7
1.5 Achtergronden en verantwoording . 9

2. Overzicht van het materiaal 10

2.1 LEGO bouwdoos 10
2.2 LEGO Handbesturing 12
2.3 Computer set 12
2.4 Leerlingboek 14
2.5 Handleiding voor de docent 15
2.6 Benodigd materiaal en levering 15

3. Doel en inhoud 17

3.1 Algemene doelstellingen 17
3.2 Kader en integratiemogelijkheden .. 19
3.3 Activiteiten van de leerlingen 20
3.4 Werkvormen 21
3.5 Inhouden 21
3.6 Variatiemogelijkheden 23

4. Organisatie en werkwijze 25

4.1 Overzicht van mogelijkheden 25
4.2 Gebruik van de modellen 26
4.3 Gebruik van de computer 26
4.4 Fasering in de bouw 27
4.5 Materiaal voor een prakticumopzet 27

5. Voorbereiding 28

5.1 Zelf ervaring opdoen 28
5.2 Bouwen van de modellen 28
5.3 Inrichting van het leslokaal 28
5.4 Gebruik van computers en LEGO Programma .. 29
5.5 Mogelijkheden voor uitbreiding en verdieping. 29
5.6 Planning van de lessen 29
5.7 Begeleiding 30

6. Activiteiten van de leerlingen 31

6.1 Introductie 31
6.2 Reuzenrad 32
6.3 Robotarm 33
6.4 Automatische schuifdeur 34
6.5 Transportband 36
6.6 Wasmachine 38

Tot besluit 39

Voorwoord

Deze handleiding voor de docent is tot stand gekomen met medewerking van de Stichting Leerplan Ontwikkeling (SLO) te Enschede. Bij de samenstelling is een dankbaar gebruik gemaakt van het advies dat de SLO met betrekking tot het gebruik van LEGO Robotica heeft uitgebracht. In het bijzonder de teksten met betrekking tot de inpassing van het onderdeel robotica in de leerstofgebieden Techniek en Informatiekunde en de formuleringen van de doelstellingen zijn aan dit advies ontleend.
Ook is gebruik gemaakt van een verslag van een onderzoek naar LEGO Robotica, dat in opdracht van de HTS Enschede afdeling Computertechniek en de Stichting Leerplan Ontwikkeling is gedaan. Dit betreft vooral de beschrijvingen van de LEGO modellen en de ervaringen met het werken met de specifieke modellen.
Bij de suggesties voor het werken met LEGO Robotica in de klas zijn vooral de ervaringen verwerkt van de docenten van de Scholengemeenschap beroepsonderwijs te Hoogezand-Sappemeer die een belangrijk aandeel hebben gehad in de totstandkoming van het leerlingenboek.

1. Inleiding

1.1 Onderwijsleerpakket robotica

Het onderwijsleerpakket Robotica is een set leermateriaal met behulp waarvan leerlingen kunnen kennismaken met de basisprincipes van procesbesturing. Het pakket biedt een leergang waarin aan de hand van opdrachten praktisch ervaring wordt opgedaan met het besturen van modellen die gebouwd zijn met LEGO bouwstenen. De modellen kunnen worden gekoppeld aan een microcomputer, waarbij met een speciaal voor het onderwijs ontwikkelde programmeeromgeving besturingsprogramma´s kunnen worden ontwikkeld en uitgeprobeerd. De modellen zijn afgeleid van voorbeelden uit de werkelijkheid en bieden daardoor tevens de mogelijkheid aspecten van techniek en automatisering in breder verband ter sprake te brengen en daar nader op in te gaan.

1.2 Doel en inhoud

Het onderwijsleerpakket Robotica is ontwikkeld om de leerlingen te laten kennis maken met de besturingsprincipes zoals die worden gebruikt in de robotica. Deze kennismaking houdt enerzijds in dat ze kennis en inzicht verwerven omtrent het functioneren van de afzonderlijke componenten die bij procesbesturing een rol spelen. Daarbij gaat het om:

- de computer als besturingsorgaan en informatieverwerker;
- sensoren als hulpmiddel om meetinformatie te verkrijgen;
- motoren als hulpmiddel om beweging te veroorzaken;
- de interface als intermediair waarmee de computer informatie kan ontvangen en processen kan besturen.

Anderzijds verwerven de leerlingen inzicht in de principes van de procesbesturing, zoals deze in procesbesturingssituaties als geheel een rol spelen.
De kennismaking beperkt zich niet tot het verwerven van kennis en inzicht alleen, maar beoogt bovendien een praktische kennismaking met procesbesturingssituaties aan de hand van het werken met modellen en het zelf maken van eenvoudige besturingsprogramma´s. Hiermee worden een aantal vaardigheden in het hanteren van computers en het omgaan met technisch materiaal aangesproken.
Hoewel de inhoud van het leerlingenboek nauwelijks ingaat op de maatschappelijke aspecten van procesbesturing worden door de keuze van de modellen en de suggesties in de docenthandleiding goede mogelijkheden geboden om met dit onderwijsleerpakket ook de toepassing van procesbesturing in het dagelijks leven en daarmee samenhangende bredere aspecten van de automatisering aan de orde te stellen.

Door variatiemogelijkheden m.b.t. organisatie en werkwijze biedt het onderwijsleerpakket mogelijkheden de bovengenoemde doelen te accentueren of minder nadruk te geven. Deze

mogelijkheden hangen samen met het kader waarin het onderdeel robotica aan de orde wordt gesteld. Ten aanzien van de leerling gelden in het algemeen als voorwaarden voor de beginsituatie, dat:

- de leerlingen enige bekendheid moeten hebben met het bedienen van de computer en randapparatuur;
- de leerlingen enige ervaring hebben met het werken met LEGO bouwmateriaal (vooral wanneer ze zelf de modellen moeten bouwen of met varianten experimenteren);
- de leerlingen enige kennis hebben van het werken met werktekeningen, daarbij gebruikte symbolen en blokschema´s.

Wanneer aan deze voorwaarden niet optimaal wordt voldaan dient daarmee rekening te worden gehouden bij het plannen van de lessen.

Ten aanzien van de docent geldt dat deze voldoende vertrouwd moet zijn met het gebruik van de diverse materialen teneinde de leerlingen te kunnen begeleiden.

1.3 Doelgroep

Het onderwijsleerpakket is bedoeld om door leerlingen van 12 tot 15 jaar van alle schooltypen te worden gebruikt. De belangrijkste doelgroep wordt derhalve gevormd door de leerlingen van de brugklassen van het algemeen voortgezet onderwijs en van het lager beroepsonderwijs. Verder kan het pakket zeker bruikbaar zijn voor gebruik in de hoogste klas van de basisschool.
In het algemeen geldt dat de leerlingen bij voorkeur in staat moeten zijn individueel of in kleine groep (twee, maximaal drie leerlingen) zelfstandig te werken aan het uitvoeren van de opdrachten. Een en ander hangt overigens sterk samen met de wijze waarop de lessen georganiseerd kunnen worden.

1.4 Organisatie

Aard van het onderwijsleerpakket

Het onderwijsleerpakket is zo samengesteld dat de leerlingen (na een summiere klassikale introductie op het onderwerp procesbesturing) zelfstandig - individueel of in kleine groep - de leergang kunnen doorlopen aan de hand van de opdrachten in het leerlingenboek. Het verdient aanbeveling dat daarbij een docent of een begeleider aanwezig is. Het is bovendien wenselijk dat bij vragen of problemen hulp geboden kan worden.
Daarnaast is het mogelijk om het onderwerp robotica in een klassikaal geleid leerproces te behandelen, waarbij het materiaal van het onderwijsleerpakket (de modellen en de computerbesturing) wordt gebruikt ter demonstratie.
Ook een mengvorm is mogelijk, waarbij onderdelen van het

onderwijsleerpakket (bijv. de opdrachten bij een bepaald model) zelfstandig door de leerlingen worden verwerkt.
Het is belangrijk hierbij aan te tekenen dat het onderwerp zich bij uitstek leent voor zelfstandig werken van de leerlingen omdat het tegemoet komt aan de onmiskenbare behoefte van de leerlingen om zelf praktisch met het materiaal te experimenteren. Wanneer dat bijvoorbeeld door de hoeveelheid beschikbaar materiaal of om andere redenen onmogelijk zou zijn, kan een andere werkwijze - wellicht tijdelijk - uitkomst bieden.

Omvang van het onderwijsleerpakket

Wat betreft de tijdsbesteding voor de leerlingen is het onderwijsleerpakket bedoeld voor ongeveer tien lesuren, waarbij de meest ideale tijdsverdeling - mede gezien de opbouw van het leerlingenboek - wordt gevormd door vijf blokken van elk twee lesuren.
Het is mogelijk deze tijd te beperken tot minimaal zes lesuren door het aantal modellen waarmee gewerkt wordt te beperken tot twee.
De tijdsbesteding kan ook aanzienlijk worden uitgebreid door met name bij het laatste blok meer tijd te geven voor eigen experimenten en door tussentijds extra aandacht te besteden aan andere activiteiten ter verbreding en verdieping van het geleerde. Ook bestaat de mogelijkheid nieuwe modellen te introduceren welke met LEGO bouwdoos Robotica II (art.no. 1092) kunnen worden gebouwd, zoals een plotter en verkeerslichten.
Beslissingen hierover hangen vooral samen met het kader waarin het onderwerp robotica aan de orde wordt gesteld en met eventuele speciale accenten die samenhangen met de gerichtheid van de doelgroep.

Kader waarbinnen het onderwijsleerpakket wordt gebruikt

Hoewel het onderwijsleerpakket Robotica als een op zichzelf staande onderwijsleereenheid kan worden gebruikt, ligt het toch voor de hand het gebruik in te passen in een bredere context. Daarbij is op korte termijn gedacht aan het vak informatiekunde (burgerinformatica) wat op langere termijn kan uitmonden in een vak techniek (zie de nota van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid over het VBAO).
Bij informatiekunde kan het onderwijsleerpakket worden gebruikt bij de invulling van het onderdeel procesbesturing.
Het biedt de leerlingen de mogelijkheid zelfstandig praktisch bezig te zijn en geeft bovendien extra mogelijkheden voor het opdoen van kennis en ervaring in het werken met de computer. Verder zijn er aanknopingspunten met de maatschappelijke problematiek van het gebruik van computers en voor het experimenteren met toepassingen van procesbesturing.
Deze gebruiksmogelijkheden zijn ook van belang in het kader van algemene technieken, waarbij de kennis van en het experimenteren met principes uit de techniek wat meer op de

voorgrond kan worden gebracht. Dit geldt in nog sterkere mate voor het beroepsonderwijs (met name het lager technisch onderwijs). Hier kan het zelf bouwen van modellen en het experimenteren met varianten van technische oplossingen aantrekkelijke extra mogelijkheden bieden. Voor deze laatste doelgroep kan het gebruik van de LEGO Techniek schoolsets en het gebruik van de Robotica II - bouwdoos een belangrijke aanvulling zijn.

Benodigd materiaal

Er bestaat een directe wisselwerking tussen de keuzen die ten aanzien van organisatie en werkwijze worden gedaan, en de beschikbaarheid van de diverse materialen die nodig c.q. voorhanden zijn. Dat laatste heeft natuurlijk consequenties voor de vereiste financieen welke nodig zijn om over voldoende modellen, interfaces en - niet te vergeten - computers te kunnen beschikken.
Wanneer men over voldoende materiaal beschikt, worden weinig limieten aan de te kiezen organisatievormen gesteld. Wanneer dat niet het geval is kan door een goede organisatie de hoeveelheid materiaal die nodig is aanzienlijk worden beperkt.

1.5 Achtergronden en verantwoording

Het onderwijsleerpakket Robotica is ontwikkeld op basis van de ervaringen en het materiaal dat beschikbaar is gekomen door een samenwerkingsproject van de LEGO groep uit Denemarken, het Engelse Microelectronics Education Programme (MEP) en British School Technology in Trent (U.K.).
Voor Nederland is op initiatief van LEGO Nederland een samenwerkingsproject tot stand gekomen, waarbij LEGO Nederland, Educaboek, de Philips Onderwijsgroep en de Stichting Leerplan Ontwikkeling (SLO) betrokken zijn geweest.
De LEGO groep is behalve voor de leiding van het project verantwoordelijk geweest voor het LEGO bouwmateriaal en de interface. Philips is vooral betrokken geweest bij het ontwikkelen van de aansluitkabels. Educaboek is verantwoordelijk voor het totstandkomen van het schriftelijk materiaal voor leerlingen en docenten en voor het ontwikkelen en implementeren van de specifieke versies van de programmeeromgeving. De SLO is door onderzoek en advisering intensief betrokken geweest bij de onderwijskundige en didactische vormgeving van het onderwijsleerpakket.
Het leerlingenboek is mede tot stand gekomen door de medewerking van leerkrachten van de Scholengemeenschap voor Beroepsonderwijs te Hoogezand-Sappemeer.
Om praktische redenen is de distributie van alle materialen van het onderwijsleerpakket in eerste instantie ondergebracht bij Educaboek.

2. Overzicht van het materiaal

Het onderwijsleerpakket Robotica bestaat uit de volgende materialen:

- bouwdoos Robotica I (LEGO art. 1090)
- handbesturing (LEGO art. 1039)
- computerbesturing (interface-set)
- docentenhandleiding
- leerlingenboek

Van deze materialen wordt een beschrijving gegeven. Tevens wordt aangegeven welke materialen voor het werken in de school nodig zijn en hoe ze kunnen besteld.

2.1 LEGO bouwdoos

In dit onderwijsleerpakket wordt gebruik gemaakt van de LEGO bouwdoos "Robotica I" (LEGO art. no. 1090), die in Nederland alleen voor onderwijsgebruik verkrijgbaar is. De doos bevat de noodzakelijke bouwstenen, twee motoren, twee sensoren en twee lampjes om diverse modellen te kunnen bouwen. Voor de bouw van vijf modellen is een uitvoerige beschrijving aanwezig:

- een reuzenrad;
- een robotarm;
- een automatische deur;
- een transportband;
- een wasmachine.

Van elk model geven we een korte toelichting bij de afbeelding.

a. reuzenrad

Model van een reuzenrad zoals we dat op kermissen aantreffen. Het rad wordt via een tandwieloverbrenging aangedreven met een motor en kan links- en rechtsom draaien. Een sensor bepaalt de positie van het rad. Een andere sensor maakt het mogelijk de motorsnelheid te controleren met behulp van een telschijfje.

b. robotarm

Model van een op een voet geplaatste robotarm die in een cirkel (360 graden) kan ronddraaien en voorwerpen (LEGO bouwstenen) die zich op die cirkel bevinden kan verplaatsen. De arm is voorzien van een grijper die met een motor open en dicht kan worden gemaakt. Een tweede motor wordt gebruikt voor het ronddraaien van de arm. Verder worden een sensor en een telschijfje gebruikt om de positie van de robotarm

binnen de cirkel te kunnen bepalen.

c. automatische deur

Model van een deur die automatisch kan worden geopend en gesloten. We vinden dit type deur vaak in winkelcentra. De deur wordt geopend en gesloten met een motortje, dat daarvoor korte tijd links- dan wel rechtsom draait. De beweging wordt overgebracht met een tandwiel en een getande strip. Er worden twee sensor-lamp-combinaties gebruikt welke aan elke zijde van de deur als een soort "lichtsluis" fungeren om de deur te openen en te sluiten.

d. transportband

Het model bestaat uit twee transportbanden, die haaks op elkaar staan en elk afzonderlijk door een motor worden aangedreven. De constructie is zodanig, dat de combinatie kan functioneren als een sorteermachine. De hoofdband voert dan elementen (LEGO bouwstenen) aan. Met een sensor-lampcombinatie kunnen bouwstenen worden onderscheiden naar kleur (licht- of donkergekleurd) of grootte (hoog of laag). Afhankelijk van die informatie kan de tweede band links- of rechtsom draaien teneinde de stenen te sorteren. Een tweede lamp-sensorcombinatie kan de geselecteerde lichte of donkere stenen tellen.

e. wasmachine

Model van een zogenaamde "volautomatische voorlader". De wastrommel wordt met een motortje door middel van een aandrijfriem aangedreven. Een sensor wordt gebruikt om na te gaan of de deur van de wasmachine open of dicht is. Een andere sensor wordt in combinatie met een schuifje dat de opening afdekt gebruikt als schakelaar om de machine aan en uit te zetten. Met de twee lampjes kan worden aangegeven of er water wordt toegevoerd, de pomp water afvoert en of de verwarming aan staat.

Overige modellen

Het is natuurlijk ook mogelijk eigen modellen te bouwen, eventueel in combinatie met andere LEGO bouwmaterialen. Van LEGO zijn speciaal voor onderwijsgebruik nog andere bouwdozen beschikbaar onder meer voor het aanleren van technische basisprincipes. Ook is een bouwdoos "Robotica II" (art. no. 1092) beschikbaar waarmee onder meer een xy-plotter en een verkeerslicht kunnen worden gebouwd.

Motoren en sensoren

De motoren in de Robotica I bouwdoos zijn van het type dat geleverd wordt bij de Techniek-materialen. Ze kunnen worden

gebruikt met batterijvoeding (4,5 volt gelijkspanning).
De sensoren zijn speciaal voor de Robotica-set ontwikkeld. De betreffende bouwelementen bevatten een combinatie van een lichtgevoelige cel en een infrarood lichtgever. Daardoor reageert de sensor zowel op opvallend licht van een externe lichtbron als op reflectie door een voor de sensor geplaatst voorwerp. Van deze reflectie wordt gebruik gemaakt bij de telschijfjes, die afwisselend lichte en donkere vlakken hebben. Hierdoor wordt het mogelijk de draaiende beweging van een as om te zetten in een voor de computer waarneembare reeks van impulsjes. In het algemeen gezegd reageren de sensorelementen op lichtverandering. De cellen kunnen functioneel worden vervangen door een aan-/uit-verbinding.

2.2 LEGO Handbesturing

De handbesturing (LEGO art. no. 1039) is een bouwset die onder meer een drietal schakelpanelen, een batterijhouder en de benodigde kabels bevat voor het voeden en met de hand aan- en uitschakelen van motoren en lampjes. Met de schakelpanelen kan ook de looprichting van motoren worden geregeld. De bouwdoos bevat ontwerpen voor diverse modellen schakelpanelen, alsmede indicatiemateriaal voor het aangeven van de functies van de schakelaars.
De handbediening kan worden gebruikt in combinatie met allerlei modellen van LEGO materiaal, waarbij motoren en lampjes moeten worden geschakeld. In combinatie met Robotica I binnen dit onderwijsleerpakket biedt het gebruik van de handbediening goede didactische mogelijkheden ter voorbereiding van het gebruik van de computerset.

2.3 Computer set

De computerset omvat alle materiaal dat nodig is om de modellen die met de LEGO Robotica bouwsets kunnen worden gemaakt te besturen met behulp van een microcomputer.
De computerset bestaat uit de volgende onderdelen:

- een schakelkast (interface);
- een aansluitkabel;
- een besturingsprogramma;
- een gebruikershandleiding;
- een computerkaart.

Deze onderdelen zijn voor een belangrijk deel alleen geschikt voor gebruik in combinatie met een specifiek type, soort, en/of merk microcomputer.
De computerset wordt geleverd voor:

- Philips P2000T (met 32Kbytes geheugen)
- MSX2-microcomputers
- microcomputers met MS DOS-besturingssysteem
- Commodore C64

We geven van de diverse onderdelen een korte beschrijving.

a. de schakelkast (LEGO Interface)

De schakelkast is een LEGO produkt dat speciaal is ontwikkeld voor gebruik met de Robotica-bouwdozen. Bij het ontwerp is rekening gehouden met de eisen die voor gebruik van het materiaal in het onderwijs gesteld kunnen worden. Behalve de eisen ten aanzien van beveiliging en bedrijfszekerheid is ook de vormgeving afgestemd op gebruik in het informatica-onderwijs.
De schakelkast vormt het noodzakelijke verbindingselement tussen een microcomputer en de in de modellen gebruikte motoren, sensoren en lampjes. Met behulp van de schakelkast kunnen met instructies van de computer een motor worden aan- en uitgezet, links- of rechtsom draaien, een lampje worden aan- of uitgezet, en er kan worden nagegaan of een sensor al of niet wordt aangesproken. De schakelkast heeft totaal zes output-aansluitingen en twee input-aansluitingen. Verder is er een extra aansluiting welke als permanente voeding (4 volt, niet schakelbaar met de computer) kan fungeren. Met deze aansluitingen kan men tegelijkertijd drie motoren laten werken (aan/uit en linksom/rechtsom). Wanneer de stroomrichting niet van belang is kunnen in totaal 6 lampjes en/of motoren op de schakelkast worden aangesloten.
Op de input-aansluitingen kunnen twee optische sensoren worden aangesloten.
De schakelkast bevat verder een STOP-toets om wanneer dat nodig is alle motoren en lampjes direct te kunnen uitschakelen.
De schakelkast is voor het aansluiten van de motoren, lampjes en sensoren voorzien van stekkerbussen, waarop de gebruikelijke LEGO stekkers kunnen worden aangesloten. Voor het aansluiten van de schakelkast aan de computer is een 20-pens-stekkerbus voorzien.
De schakelkast is elektronisch zo beveiligd dat bij normaal gebruik geen schade aan een aangesloten microcomputer kan ontstaan, mits van de bijgeleverde aansluitkabel gebruik wordt gemaakt.

b. de aansluitkabel

Voor het aansluiten van de schakelkast op een bepaalde microcomputer wordt een speciale kabel bijgeleverd. Deze kabel kan worden geleverd voor de eerder genoemde typen computers.
De kabel bevat behalve de connectors voor computer en interface ook de eventueel benodigde elektronica die vereist is voor het aansluiten van de interface op een specifieke microcomputer.

c. het besturingsprogramma

Het besturingsprogramma "LEGO Programma" is speciaal voor onderwijsgebruik ontwikkeld. Het is een programmeeromgeving waarmee de LEGO modellen in combinatie met de schakelkast kunnen worden bestuurd. Met behulp van LEGO Programma kan

worden geexperimenteerd met de mogelijkheden van procesbesturing.
De programmeeromgeving is zo ontworpen dat het werken met LEGO Programma in korte tijd kan worden aangeleerd. De editor waarmee besturingsprogramma´s kunnen worden gemaakt is eenvoudig en gebruikersvriendelijk. De vorm van de besturingsprogramma´s is zodanig dat er een zeer directe relatie tussen het programma en de werking van de modellen bestaat. Daarbij zijn alle vereiste programmeerstructuren voorhanden die nodig zijn om begrip te krijgen van de basisprincipes van procesbesturing.
Als basis voor het programmeersysteem is gekozen voor de byte-structuur (8 bits), waarbij de eerste zes bits (0-5) de outputlijnen representeren, en de laatste twee bits (6 en 7) de inputlijnen. Deze bits kunnen worden ´gezet´ door nullen of enen in te voeren. Dit principe is ook de basis voor de layout van het systeem, welke niet alleen is terug te vinden in het programma, maar ook op de werkbladen en bv. op de schakelkast.
Het programmeren gebeurt door elke besturingsstap regel voor regel in te voeren. Deze stappen worden in volgorde uitgevoerd. Als bijzondere programmeerstructuren zijn beschikbaar: HERHAAL/TOT HIER, HERHAAL/TOT, HERHAAL/OPNIEUW, ALS/EINDALS en TEL. Deze structuren kunnen in het programma worden ge-´nest´.
Programma´s kunnen worden bewaard op cassette (P2000) of diskette.
Behalve een editmode is er ook een testmode voorhanden. De structuur van een programma kan zichtbaar worden gemaakt en bij programmeerfouten worden foutmeldingen gegeven.
In het programma is overigens een ´help´-functie aanwezig.
Omdat het praktisch gebruik van LEGO Programma in belangrijke mate samenhangt met de wijze waarop het programma op een specifieke microcomputer is geimplementeerd, wordt voor verdere bijzonderheden omtrent het programma en het werken daarmee verwezen naar het betreffende gebruikersboek dat specifiek voor elk type microcomputer wordt geleverd.

d. het gebruikersboek

Het gebruikersboek bevat uitvoerige documentatie over het gebruik van de schakelkast in combinatie met een specifieke microcomputer. Het bevat een gedetailleerde handleiding voor het gebruik van het besturingsprogramma op de betreffende computer. Voor het gemak is ten behoeve van de leerlingen een kopieerbaar exemplaar van een computerkaart (´reference-card´) opgenomen.
Daarnaast zijn de nodige technische en praktische gegevens opgenomen over de aansluiting op de computer en de wijze waarop de schakelkast in eigen programma´s kan worden aangestuurd.

2.4 Leerlingboek

Het leerlingenboek omvat een leergang waarmee de leerling aan de hand van gerichte opdrachten kennis maakt met diverse

aspecten van robotica. Bij de opdrachten worden de benodigde praktische aanwijzingen en achtergrondinformatie gegeven.
Bij de leergang worden een vijftal delen onderscheiden. In een inleidend deel komen een aantal basisprincipes van procesbesturing aan de orde en de leerling maakt kennis met de diverse materialen en werkwijzen.
Per blok worden vervolgens de modellen behandeld, waarbij in een logische opbouw diverse principes en toepassingen van de robotica aan de orde komen en verder worden uitgewerkt.
De didactische opbouw is overigens zodanig dat niet met alle modellen gewerkt hoeft te worden. In par. 3.6 worden variatiemogelijkheden aangegeven.

2.5 Handleiding voor de docent

De docentenhandleiding - waarvan U op dit moment gebruik maakt - geeft uitvoerig informatie over het werken met het onderwijsleerpakket Robotica in de klas. Behalve een overzicht van het materiaal wordt ingegaan op doel en inhoud van het onderwijsleerpakket. Diverse gebruiksmogelijkheden van het pakket met betrekking tot organisatie en werkwijze worden aangegeven. Verder worden aanwijzingen gegeven voor het voorbereiden van de lessen. In de docenthandleiding zijn de pagina´s van het leerlingenboek integraal opgenomen en voorzien van kanttekeningen en suggesties voor de begeleiding van de activiteiten van de leerlingen.

2.6 Benodigd materiaal en levering

Welke materialen en welke aantallen daarvan men nodig heeft om met het onderwijsleerpakket ´Robotica´ in de klas te kunnen werken is sterk afhankelijk van de organisatie en werkwijze die men voor ogen heeft. Men kan bijvoorbeeld uitgaan van een klassikale behandeling van het onderwerp procesbesturing, waarbij een en ander klassikaal wordt gedemonstreerd en toegelicht. Het is echter ook mogelijk leerlingen individueel met het materiaal te laten werken of in wat grotere groepen. Ook is bijvoorbeeld van belang met hoeveel van de modellen men werkt, en of de modellen na eenmaal gebouwd te zijn intact blijven, of steeds opnieuw worden opgebouwd en weer afgebroken. Afhankelijk van deze en andere factoren kan de hoeveelheid materiaal die moet worden aangeschaft zeer verschillend zijn.
Om te beginnen kan men het beste ter voorbereiding (zie hoofdstuk 5) een complete set materiaal aanschaffen om daar zelf ervaring mee op te doen. Deze set bestaat dan uit:

- LEGO Robotica I (bouwdoos art.no. 1090);
- computerset voor de betreffende computer (bestaande uit: LEGO interface, aansluitkabel, programmeertaal LEGO programma, gebruikersboek, docentenhandleiding en een exemplaar van het leerlingenboekje);
- LEGO Handbesturing.

Wanneer men de nodige ervaring met het materiaal heeft opgedaan kan bij het plannen van de lessen nader worden

bepaald welke materialen moeten worden bijbesteld.
Om praktische redenen is in eerste instantie gekozen voor een leverancier van alle materialen. Enerzijds heeft dit te maken met de moeilijkheden die het voor de gebruiker oplevert om de verschillende onderdelen bij verschillende leveranciers te betrekken. Anderzijds is het voordeel dat de follow-up via een adres kan plaatsvinden, waardoor de afstemming van een en ander beter geregeld kan worden.
Voor inlichtingen, adviezen en bestellingen kan men zich wenden tot:

Educaboek bv
Industrieweg 1
4104 AP CULEMBORG
tel. 03450 - 71911

3. Doel en inhoud

In dit hoofdstuk worden doel en inhoud van het onderwijsleerpakket nader uitgewerkt en toegelicht, alsmede een aantal andere aspecten voorzover die daarmee verband houden.

3.1 Algemene doelstellingen

Voor het formuleren van de doelstellingen in het kader van een programma ´Algemene technieken´ of ´Techniek´ is uitgegaan van een tweetal rapporten, waarin aandacht wordt besteed aan de computer en computertoepassingen in het voortgezet basisonderwijs. Deze publicaties zijn: "Wat zouden ze krijgen in het voortgezet basisonderwijs" (deel 1: ISBN 90.329.0447.7 / SLO AN D.101.4441 ; deel 2: ISBN 90.329.0553.8 / SLO AN D.101.4625) en het Rapport van de ministeriele werkgroep techniek: "Techniek binnen de basisvorming. Voorstellen voor de leerinhoud van het vak Techniek en aanwijzingen voor outillage" (dec. ´85).
Onlangs is verder bij SLO verschenen het "Leerplanvoorstel Techniek. Deel 1: Inhoud van techniek in de basisvorming" (ISBN 90.329.0628.3 / SLO: AN H.375.4774).
Daaruit zijn met betrekking tot de gebruiksmogelijkheden van het LEGO Roboticamateriaal de volgende doelomschrijvingen afgeleid:

In een LEGO Robotica programma verwerven leerlingen kennis en inzicht in het gebruik van een computer als een regelend systeem. Dat betekent dat leerlingen:
- inzicht verwerven in de mogelijkheden sensorsignalen om te zetten in computersignalen;
- inzicht verwerven in de besturingsmogelijkheden van een computer.

Daarnaast verwerven de leerlingen inzicht in toepassingen van computerbesturing in het dagelijkse leven.
Dat betekent dat leerlingen:
- voorbeelden van dergelijke computertoepassingen kunnen noemen;
- zelf in staat zijn aan te geven waar toepassingen plaats zouden kunnen vinden.

Tenslotte kunnen de leerlingen aan de modellen de juiste handelingen verrichten.
Dat betekent dat de leerlingen:
- de verschillende organen kunnen herkennen en benoemen;
- de functies van verschillende componenten kunnen verklaren;
- programma´s in een computer in kunnen voeren en het toetsenbord kunnen bedienen;
- in staat zijn eenvoudige storingen in de bedrading of de mechanische werking van de modellen te verhelpen.

In het kader van het informatica-onderwijs worden door de SLO een viertal aspecten onderscheiden, waaraan doelen en inhoudselementen kunnen worden ontleend voor alle leerlingen. Dat levert per gebied de volgende doelstellingen op:

a. toepassingen van informatietechnologie

Het onderwijs is erop gericht dat leerlingen:
- de mogelijkheden en beperkingen van informatietechnologie leren kennen;
- principes van toepassingen van informatietechnologie leren kennen;
- weten in welke situaties welke toepassingen waarvoor kunnen worden gebruikt;
- toepassingen kunnen gebruiken.

b. informatie en gegevensverwerking

Het onderwijs is erop gericht dat leerlingen met behulp van geautomatiseerde gegevensverwerkende systemen in staat zijn tot:
- het maken, verzamelen, opslaan, verwerken, presenteren en distribueren van gegevens en berichten;
- het selecteren van gegevens en berichten en het trekken van informatie daaruit in het kader van een probleemstelling of vraag.

c. gegevensverwerkende systemen

Het onderwijs is erop gericht dat leerlingen inzicht verwerven in de mogelijkheden en beperkingen van geautomatiseerde gegevensverwerkende systemen en in principes die ten grondslag liggen aan de werking van deze systemen.

d. maatschappelijke betekenis van informatietechnologie

Het onderwijs is erop gericht dat leerlingen zicht krijgen op de betekenis van informatietechnologie voor de samenleving en daarover een oordeel kunnen geven.

Uit de doelstellingen van beide leergebieden kan voor het werken met het onderwijsleerpakket Robotica in het voortgezet onderwijs de volgende algemene doelstelling worden gegeven:

Leerlingen maken kennis met (proces-)besturing met behulp van de computer:
a. ze hebben kennis van en inzicht in situaties in het dagelijks leven waarin procesbesturing wordt toegepast;
b. ze hebben enige kennis van de componenten waaruit een besturingsopstelling is opgebouw, dat wil zeggen actuatoren, sensoren en processor (interface, computer en programma) en enige kennis van de werking van deze componenten;
c. ze hebben enig besef van het verschil tussen besturing door mensen en besturing door een computersysteem;
d. ze hebben enige kennis van basiselementen van een

eenvoudige stuurtaal, waaronder aanstuurcommando's, condities, opeenvolging en herhaling;
e. ze hebben enige praktische vaardigheid in het werken aan zelf te bouwen modellen en zelf te ontwerpen besturingsprogramma's zowel voor besturing zonder als met computer.

Deze algemene doelstelling zal bij elk deel van het onderwijsleerpakket nader worden uitgewerkt.

3.2 Kader en integratiemogelijkheden

Het onderwerp robotica dient volgens de opvattingen van de SLO zowel bij informatiekunde als bij techniek een plaats te krijgen in de eerste twee leerjaren van het voortgezet onderwijs, ongeacht het schooltype. Bij een te verwachten totale tijdsbesteding van 80 uur voor een van beide vakken of een combinatie daarvan lijkt het in het algemeen verantwoord ongeveer 10 uur te besteden aan het onderdeel robotica/procesbesturing. Deze tijdsbesteding kan worden aangepast aan de feitelijk beschikbare tijd en aan een eventuele uitbreiding of beperking die men aan de inhoud van het thema robotica geeft.
Het onderwijsleerpakket is zodanig gestructureerd dat is uitgegaan van een tijdsbesteding van 10 uur, verdeeld over 5 delen (blokken) van twee uur. Na een inleidend deel komen vier modellen aan de orde. Bij de behandeling daarvan wordt ervan uitgegaan dat de modellen vooraf (buiten de beschikbare tijd van twee uur per deel) reeds gebouwd zijn. Het accent ligt bij de activiteiten van de leerlingen vooral op het leren kennen van de functionele onderdelen, het begrijpen van de werking van de modellen en het programmeren daarvan.
De modellen werken volgens dezelfde principes, zodat het bij een beperktere beschikbaarheid van tijd mogelijk is te volstaan met beperkter aantal modellen.
Wanneer men uitgaat van een zelfstandig gebruik van het materiaal van de leerlingen, verdient het aanbeveling de leergang gedurende een aantal opeenvolgende bijeenkomsten te laten doorlopen. Omdat er weinig voorkennis m.b.t. andere toepassingsgebieden nodig is om de modellen met behulp van de computer te programmeren, is het tijdstip waarop het onderwerp robotica binnen het totale programma aan de orde kan komen betrekkelijk willekeurig te bepalen. Als enige voorwaarde geldt dat de leerlingen reeds enige bekendheid hebben verworven met de aard en werking van een computersysteem en voldoende vertrouwd zijn met de elementaire eisen ten aanzien van de bediening. Wanneer leerlingen geacht worden zelf de modellen te bouwen en/of daarmee te experimenteren is bovendien enige ervaring met het werken met LEGO materiaal gewenst.
Wanneer men het voorgaande in aanmerking neemt ligt het voor de hand het onderdeel robotica als zelfstandig onderdeel in een beperkte tijdsperiode aan de orde te stellen. Bij informatiekunde ligt het voor de hand robotica als toepassingsgebied te onderscheiden naast andere toepassingsgebieden als tekstverwerking, administratie, werken met gegevensbestanden, communicatie en simulatie.

Bij techniek kan robotica binnen het programma als geheel vooral aan de orde komen wanneer het gebruik van computersystemen wordt behandeld. Het onderwijsleerpakket leent zich dan vooral om de opbouw en werking van een computergestuurd systeem inzichtelijk te maken en daar ervaring mee op te doen.

3.3 Activiteiten van de leerlingen

Wanneer het onderwijsleerpakket wordt doorgewerkt aan de hand van het leerlingenboek ligt bij de leerling het accent op het zelfstandig doorwerken van een aantal gerichte opdrachten. Deze opdrachten worden bij voorkeur samen met een medeleerling doorgewerkt. Aan de hand van deze opdrachten wordt concreet kennis gemaakt met de diverse elementen van het computergestuurd systeem en de modellen waarmee het systeem functioneert. De kennis van deze elementen en van de programmeertaal waarmee de leerling werkt om processen te besturen met de modellen die aan de orde zijn, worden systematisch opgebouwd. Zaken die reeds aan de orde zijn geweest komen regelmatig terug als herhaling en toepassing van het geleerde. Het programmeren van de modellen is voor de leerlingen de centrale activiteit, waarin steeds nieuwe elementen worden aangeboden naarmate de leerling vordert.
Voor het programmeren zijn verschillende varianten mogelijk, die ook organisatorisch en didactisch kunnen worden benut.
Programma's kunnen worden ontwikkeld op papier, zonder dat er voor het programmeren een computer aan te pas komt. Voor zover alleen van output gebruik wordt gemaakt kunnen korte programma's met een eenvoudige structuur worden uitgevoerd door de modellen aan te sturen met behulp van een handbesturing.
ning.
Het programmeren kan ook met de programmeeromgeving gebeuren zonder dat een interface of model aan de computer is aangesloten. Het ontwikkelen van een programma met de computer is natuurlijk aanzienlijk comfortabeler dan het maken van een programma op papier onder meer doordat een programma met de editor gemakkelijker kan worden aangepast. Voor de eerste 'ontwerpfase' kan het werken op papier een uitkomst zijn als maar een beperkt aantal computers beschikbaar is. Model en interface zijn pas nodig als het programma of een deel daarvan is afgerond en er moet worden proefgedraaid met een model om het resultaat te beoordelen. Dit gegeven kan uitkomst bieden als er voldoende computers beschikbaar zijn, maar slechts een beperkt aantal interfaces en modellen. In het leerlingenboek wordt het werken met de programmeeromgeving overigens reeds in een vroeg stadium geintroduceerd.
De problemen in het leerlingenboek, die de leerling met het programmeren geacht wordt op te lossen, liggen meestal dicht bij het functioneren van de modellen. Wanneer men ook een bredere problematiek aan de orde wil laten komen, dient men zelf voor aanvullende opdrachten zorg te dragen en de leerlingen ruimte te geven daaraan toe te komen. De draaimolen en de automatische deur lenen zich bijvoorbeeld goed om problemen met betrekking tot de exploitatie en de

capaciteit van bijvoorbeeld een parkeergarage aan de orde te stellen. Dit soort opdrachten zal echter meer tijd vragen dan per model is voorzien. Dat geldt ook als anderszins de relatie met de situatie in de realiteit verder wordt uitgewerkt bijvoorbeeld ten aanzien van automatiseringsvraagstukken.

3.4 Werkvormen

Met de in voorgaande paragraaf beschreven aard van de activiteiten van de leerlingen zijn de werkvormen die bij zelfstandig werken met het onderwijsleerpakket aan de orde komen reeds in vergaande mate bepaald. Er wordt overigens vanuit gegaan dat de leerlingen voorafgaand aan het werken met het pakket een - meestal klassikale - introductie hebben gehad op het onderwerp robotica, en de plaats die daaraan in het kader van het totale programma wordt toegekend.
Afhankelijk van de onderwijsleersituatie waarin het materiaal wordt gebruikt zijn er overigens verschillende mogelijkheden om de te hanteren werkvormen te varieren. Men kan de ruimte voor het werken van de leerling bijvoorbeeld uitbreiden door het bouwen van eigen modellen en het experimenteren daarmee te stimuleren. Ook andersom kan door een strakkere (bege-)leiding en/of het selectief laten doorwerken van opdrachten het werk van de leerlingen meer worden gestructureerd. Het is zelfs mogelijk onderdelen van het pakket of de hele leergang klassikaal te doorlopen en daarbij bijvoorbeeld de activiteiten van de leerlingen te beperken tot het laten maken van de gevraagde programma´s. Het resultaat kan dan klassikaal worden gedemonstreerd en besproken aan de hand van het model. Hoewel we vinden dat een dergelijke werkwijze niet genoeg recht doet aan de behoefte van leerlingen concreet met het materiaal te werken kan een dergelijke werkwijze een uitkomst zijn als onvoldoende modellen en interfaces voorhanden zijn, of wanneer om andere redenen een strakker geleid onderwijsleerproces gewenst is.
We wijzen verder op de mogelijkheid om in relatie tot de opdrachten in het leerlingenboek gegeven andere activiteiten te plannen, waarin bijvoorbeeld in de vorm van een studieopdracht of werkstuk wordt gevraagd dieper op de materie in te gaan. Dit kan zowel individueel als in kleine groep, of bijvoorbeeld in het kader van een expositie, een excursie of een ander klassikaal of schoolgebonden evenement. Dit vraagt dan wel extra tijd van de leerling en dient vanuit een bredere context dan het onderwerp robotica alleen te worden verant-woord.

3.5 Inhouden

Bij de opbouw van de leergang is na een inleidend deel uitgegaan van de behandeling van vier modellen: het reuzenrad, de robotarm, de schuifdeur en de transportband. Deze modellen worden in de aangegeven volgorde aan de orde gesteld. Het vijfde model, de wasmachine, wordt niet in het leerlingenboek behandeld, maar kan bijvoorbeeld dienst doen

bij het formuleren van een - extra - vrije opdracht.
Bij de behandeling van de modellen is uitgegaan van een cyclische lesopbouw. Bij elk volgend model worden meer besturingsprincipes behandeld en de modellen worden steeds complexer en bieden steeds meer mogelijkheden voor experimenteren. Het bij de voorgaande modellen geleerde wordt steeds als bekend verondersteld en de stappen die de leerling zelfstandig moet kunnen nemen worden steeds groter. Aan het einde van de leergang kunnen een aantal open opdrachten worden gegeven, waarin ruimte is voor eigen fantasie en creativiteit.
Verder wordt in de leergang als geheel een toenemende mate van beheersing opgebouwd in het gebruik van de computer als onderdeel van het besturingssysteem en het werken met de programmeeromgeving.
We geven per deel nog een overzicht van zaken die bij de behandeling aan de orde komen.

Deel 1 : Inleiding

- handbediening en werking met lampjes;
- programmablad en invullen van stappen m.b.t output;
- computersysteem met interface;
- stappen invullen met behulp van de programmeeromgeving;
- programmastappen uitvoeren met een model;
- gebruik van de HERHAAL-instructie;
- motoren en programmeren daarvan;
- programma met aansturen van motor en lampje.

Deel 2 : Reuzenrad

(model met een motor en een optosensor)
- reuzenrad (motor) aansturen met handbediening;
- programma met motor links- en rechtsom en pauze;
- programma reuzenrad met computeraansturing;
- programma reuzenrad met HERHAAL-opdracht;
- werking van de sensor met interfaceaansluiting;
- werking sensor met TEL-instructie;
- programma met sensor en TEL-instructie.

Deel 3 : Robotarm

(model met twee motoren en een optosensor met telschijf)
- werking robotarm (motoren) met handbediening;
- programma robotarm met handbediening;
- programma robotarm met computeraansturing;
- programma draaien arm met herhaling;
- programma met draaien arm en functioneren grijper;
- werking sensor met telschijf;
- programma robotarm met sensor en telschijf;
- programma robotarm met TEL- en HERHAAL-instructie.

Deel 4 : Automatische schuifdeur

(model met een motor, een of twee sensoren en een of twee lampjes)
- werking schuifdeur met motoren, sensoren en lampjes;
- programma met HERHAAL en OPNIEUW;
- programma met sensor en lampje;
- programma met HERHAAL en TOT HIER;
- programma schuifdeur met twee sensoren en twee lampjes;
- programma voor de bediening van een kluisdeur.
- maken van een blokschema.

Deel 5 : Transportband

(model met twee motoren, twee optosensoren en twee lampjes)
- werking transportband (motoren) met handbediening;
- programma werking bandtransport;
- programma werking bandtransport met computerbesturing;
- werking transportband met sensorcontrole;
- programma transportband met ALS en EINDALS;
- programma met HERHAAL en OPNIEUW;
- programma voor het sorteren van LEGO bouwstenen (groot-klein, dik-dun) met de transportband (twee sensoren en twee lampjes).

Het eventueel bij een aanvullende opdracht te gebruiken model van een wasmachine werkt met een motor, twee sensoren en twee lampjes.

3.6 Variatiemogelijkheden

Het is mogelijk dat om organisatorische of andere redenen afgeweken moet worden van de tijdsbesteding van ongeveer tien uur, die als uitgangspunt is genomen bij de totstandkoming van de het leerlingenboekje.
Wanneer er minder tijd beschikbaar is, en men wil toch het zelfstandig werken van de leerlingen met het leerlingenboekje als werkwijze aanhouden, dan is het mogelijk te volstaan met een beperkt aantal delen. In principe kan worden volstaan met respectievelijk de eerste twee, de eerste drie of de eerste vier delen.
Bij een keuze voor de eerste twee delen komen zowel het aansturen van de motor en het gebruik van de sensor aan de orde. Een aantal belangrijke programma-instructies blijft daarbij echter buiten beschouwing.
Bij een keuze voor de eerste drie delen komt ook het gebruik van de telschijf aan de orde.
Het toevoegen van de delen vier en vijf voegt de introductie van een aantal programma-instructies toe. Deze delen bieden behalve meer complexe modellen ook meer mogelijkheden voor het gebruik van programmastructuren en het aan de orde stellen van toepassingen die meer relatie hebben met karakteristieke toepassingen van procesbesturing in de realiteit.
Wanneer bijvoorbeeld de laatste twee delen c.q. modellen niet worden behandeld kunnen de nieuwe elementen daaruit mogelijk op andere wijze worden aangeboden en door de leerlingen worden verwerkt in een aan de eerste drie delen

toe te voegen vrije opdracht. Een dergelijke oplossing is zelfs denkbaar met alleen deel een en twee. Het accent zal dan wel sterker komen te liggen op een eerste kennismaking met het onderwerp procesbesturing als zodanig, terwijl nauwelijks aandacht wordt besteed aan het programmeren en het gebruik van programmastructuren. Dit heeft natuurlijk consequenties voor de doelstellingen die men wenst te bereiken. Wanneer men uitgaat van het onderwijsleerpakket zoals dat gegeven is of van een beperking tot een of meer modellen is het natuurlijk altijd mogelijk door aanvullende opdrachten of door andere dan individuele activiteiten bepaalde aspecten die in de leergang aan de orde komen extra te accentueren of verder uit te bouwen. Men kan aanzienlijk meer tijd aan het onderwerp besteden bijvoorbeeld door leerlingen zelf de modellen te laten bouwen en/of ze te laten experimenteren met de modellen dan wel nieuwe modellen te laten bouwen. Ook kunnen bijvoorbeeld de maatschappelijke aspecten van procesbesturing in relatie tot automatisering en daaraan verwante problemen sterker worden geaccentueerd door het werken met artikelen, het vertonen van videoprogramma's en het maken van excursies. In 5.5 geven we een beperkt overzicht van daartoe te gebruiken materiaal.

4. Organisatie en werkwijze

In dit hoofdstuk besteden we aandacht aan de organisatie van het onderwijsleerproces en de werkwijze die in het onderwijsleerproces wordt gevolgd. We geven aanwijzingen en suggesties ten aanzien van het gebruik van de diverse materialen die nodig zijn om met dit onderwijsleerpakket te kunnen werken. Tevens wordt een overzicht gegeven van de mogelijkheden voor een gefaseerde opbouw van het werken met het pakket in de onderwijsleersituatie.

4.1 Overzicht van mogelijkheden

De mogelijkheden voor de organisatie en werkwijze bij het gebruik van dit onderwijsleerpakket worden in belangrijke mate bepaald door de hoeveelheid materiaal die beschikbaar is. Wanneer we uitgaan van een klassikale situatie, waarin leerlingen zelfstandig met het leerlingenboekje werken aan de opdrachten zoals die zijn geformuleerd, dan zou een situatie waarin per twee leerlingen een complete set materiaal voorhanden is, organisatorisch de minste problemen oproepen. Als we er daarbij gemakshalve dan ook nog vanuit gaan dat de leerlingen de modellen waarmee ze werken zelf bouwen (nadat het eerder gebruikte model weer is afgebroken!), dan zou de hele klas in tien uur tijd het onderdeel robotica doorgewerkt kunnen hebben. Mede gezien de kosten die met de aanschaf van een dergelijke hoeveelheid materiaal samenhangen lijkt zo´n situatie in de praktijk nauwelijks haalbaar.
Het ligt daarom meer voor de hand uit te gaan van een situatie waarin een klas in een aantal groepen wordt opgedeeld, waarbij een van de groepen zich gedurende een periode van bijvoorbeeld vijf weken (vijf maal twee uur) met het onderwerp robotica bezighoudt. Gaan we uit van bijvoorbeeld een verdeling in vier groepen, dan is het mogelijk in een periode van 20 weken vier onderwerpen zelfstandig door de leerlingen te laten doorwerken in een roulatiesysteem. De volgorde van de onderwerpen moet dan willekeurig zijn. Gedacht kan worden aan bijvoorbeeld een practicum ´tekstverwerking en administratie´, een practicum ´gegevensbestanden en communicatie´, een practicum ´simulatie en modellen´ en een practicum procesbesturing. De invulling van de onderwerpen is natuurlijk afhankelijk van de aard van het totale programma. Een vereiste daarbij is dat deze onderwerpen evenals het onderwerp procesbesturing zodanig zijn voorgestructureerd dat de leerlingen zelfstandig met een leergang bezig kunnen zijn door het uitvoeren van een reeks opdrachten. Dat vraagt - zelfs als het daarvoor benodigde materiaal reeds voorhanden is - de nodige voorbereiding van de docent.
Aan de practicumperiode kan een algemene introductieperiode met betrekking tot de computer en het gebruik daarvan voorafgaan. In een afsluitende periode kunnen vooral de maatschappelijke aspecten met betrekking tot diverse

toepassingsgebieden worden uitgewerkt.
In de voorgestelde opzet voor een totaal programma - in dit geval voor informatiekunde - kan recht worden gedaan aan zowel de algemene aspecten van de informatica als aan een aantal belangrijke toepassingsgebieden. Er wordt bovendien een evenwichtige verdeling bereikt tussen klassikale en groepsaktiviteiten en tussen door de docent geleide en zelfstandig door de leerlingen te verrichten activiteiten. Ook vanuit het oogpunt van benodigd materiaal en materiaalgebruik is een dergelijke situatie realiseerbaar en betaalbaar. Ten aanzien van het aantal beschikbare computers zal wel een evenwichtige verdeling over de diverse onderwerpen c.q. groepen dienen te worden bereikt. Behalve de nodige inventiviteit van de docent is daarbij van belang dat de activiteiten van de leerlingen niet uitsluitend op het gebruik van het toetsenbord moeten zijn geconcentreerd, maar voor een belangrijk deel ook betrekking hebben op andere soorten activiteiten die samenhangen met het gebruik van de computer met betrekking tot het onderwerp.
Wanneer men niet uitgaat van het zelfstandig werken door de leerlingen of aanzienlijk minder tijd besteedt aan het onderwerp robotica zijn er diverse mogelijkheden om de hoeveelheid benodigd materiaal sterk te beperken. We zullen daarom per materiaalsoort beknopt beschrijven waarmee praktisch rekening dient te worden gehouden en welke mogelijkheden er zijn om met beperkte middelen toch te kunnen werken.

4.2 Gebruik van de modellen

Ten aanzien van het gebruik van de modellen is vooral van belang of men de leerlingen de modellen zelf steeds wil laten bouwen en weer afbreken. Dat kost tijd en levert in een aantal situaties risico´s op voor het verloren gaan van onderdelen. Het is dan aan te bevelen de modellen vast op een (apart aan te schaffen) grondplaat te zetten. De kwetsbaarheid van de modellen wordt hierdoor verminderd en het spaart tijd. De consequentie hiervan is echter dat per te gebruiken model een complete bouwdoos dient te worden aangeschaft, en eventueel een extra doos voor als de leerlingen zelf mogen experimenteren.

4.3 Gebruik van de computer

Wanneer men - zoals voorzien in het leerlingenboekje - al in een vroeg stadium de computer gaat gebruiken voor het maken van programma´s zullen bij een groep van bijvoorbeeld zes leerlingen al gauw twee of drie computers nodig zijn. Het is dan echter niet nodig bij elke computer over een interface te beschikken. Wel is wenselijk dat op een computer permanent een interface is aangesloten, waarop met diverse modellen kan worden proefgedraaid om programma´s uit te proberen. Het aantal computers dat nodig is kan overigens worden beperkt door waar mogelijk een programma eerst te ontwikkelen op de programmabladen. Ook het gebruik van de handbediening bij het verkennen van de werking van de

modellen en het ontwikkelen van een programma kan de intensiteit van het gebruik van de computer(s) en interface beperken.

4.4 Fasering in de bouw

Bij de aanschaf van materiaal voor het gaan werken met het onderwijsleerpakket Robotica spelen kunnen zowel de beschikbare financiele middelen als de wens het gebruik ervan geleidelijk op te bouwen een rol spelen. Beide aspecten leiden tot een aanschafbeleid, waarbij eerst wordt overgegaan tot de aanschaf van een complete set materiaal, waarbij de docent eerst zelf ervaring opdoet en vertrouwd raakt met de gebruiksmogelijkheden van het materiaal.
Een volgende stap kan zijn dat een of meer modellen in een aantal opeenvolgende, klassikaal geleide lessen worden gebruikt om een aantal principes en toepassingsmogelijkheden van procesbesturing te demonstreren. In dat stadium zijn eventueel meerdere bouwdozen nodig als de modellen niet steeds weer worden afgebroken. Bij een dergelijke werkwijze kan incidenteel ervaring worden opgedaan door een groep leerlingen met een van de modellen zelfstandig te laten experimenteren of onderdelen van het leerlingenboekje te laten doorwerken.
Wanneer de eerder geschetste prakticumopzet gevolgd gaat worden zal daarvoor voldoende materiaal aanwezig moeten zijn.

4.5 Materiaal voor een prakticumopzet

Vatten we het voorgaande samen, dan is in het algemeen voor een prakticumopzet - waarbij wordt uitgegaan van een groep van zes a acht leerlingen - het volgende materiaal nodig:

- twee a drie computers;
- een computerset met o.m. LEGO Programma en LEGO Interface;
- een aantal bouwdozen dat afhankelijk is van:
    - het al of niet afbreken van de modellen;
    - het aantal modellen waarmee wordt gewerkt;
    - een extra doos om naar eigen idee modellen te bouwen.

Verder zijn voldoende leerlingenboekjes nodig om elke leerling in de groep van een boekje te voorzien. Per computer is een computerkaart nodig.

5. Voorbereiding

Voor het gaan werken met het onderwijsleerpakket Robotica is een goede voorbereiding door de docent zonder meer vereist. Deze voorbereiding dient betrekking te hebben op de bekendheid van de docent met het onderwijsleerpakket, het plannen van het gebruik van het pakket in het totale programma en het regelen van een aantal zaken van praktische aard.

5.1 Zelf ervaring opdoen

Doordat ervan uit wordt gegaan dat de leerling zelfstandig met het materiaal werkt, wordt van de docent verwacht dat hij daarbij als begeleider kan optreden die de leerling incidenteel hulp kan bieden. Daarvoor is nodig dat de docent grondig bekend is met de inhoud van het pakket en een behoorlijke ervaring heeft in het werken met de modellen en de programmeeromgeving.
De beste manier om die ervaring te krijgen is zelf de modellen te bouwen en het leerlingenboekje met de opdrachten voor de leerlingen helemaal door te werken. Dit is de meest zekere manier om met de problemen vertrouwd te worden die ook de leerlingen zullen tegenkomen bij het werken met het materiaal.

5.2 Bouwen van de modellen

Voor het bouwen van de modellen zijn in de Robotica bouwdozen duidelijke bouwinstructies opgenomen, die eventueel ook door de leerlingen gebruikt kunnen worden.
Wanneer men de modellen voor gebruik in de les niet steeds opnieuw wil laten bouwen, kunnen deze het beste op een bodemplaat worden gemonteerd.
Bodemplaten waarop de modellen kunnen worden vastgezet zijn in verschillende maten in de winkel te koop. De modellen worden hierdoor minder kwetsbaar.
Wanneer onverhoopt onderdelen verloren mochten raken zijn er mogelijkheden deze aan te vullen. Neem hiervoor contact op met de leverancier.

5.3 Inrichting van het leslokaal

Wanneer men met het onderwijsleerpakket gaat werken zullen in het lokaal voorzieningen moeten worden getroffen om dat mogelijk te maken. Gaan we ervan uit dat dit in een computerlokaal gebeurt, dan is van belang of er steeds toezicht is wanneer leerlingen in het lokaal aanwezig zijn. Is dat het geval, dan kan gedurende de periode dat met het onderwijsleerpakket wordt gewerkt een grote tafel worden ingericht waarop de nodige computers en de modellen een plaats krijgen. Er moet voldoende werkruimte zijn voor de groep leerlingen die ermee aan het werk is.

Een en ander is overigens sterk afhankelijk van de plaatselijke situatie en de werkwijze die men met de leerlingen gewend is. Als de modellen regelmatig worden afgebroken dienen ten aanzien van het opbergen van het losse materiaal en de controle op het op orde blijven van de bouwsets zeer duidelijke afspraken worden gemaakt, zeker wanneer meerdere docenten c.q. begeleiders in het lokaal werken.

5.4 Gebruik van computers en LEGO Programma

Wanneer men zoals gebruikelijk over een lokaal met een achttal computers beschikt is het zaak efficient daarvan gebruik te maken. Men dient in ieder geval van een vaste computeropstelling met interface uit te gaan, waarop de modellen kunnen worden aangesloten en waarmee op elk moment kan worden proefgedraaid.
De computers waarop gewerkt wordt met het LEGO Programma voor het ontwikkelen van besturingsprogramma´s hoeven niet uitsluitend daarvoor te worden gebruikt, maar ze kunnen ook voor andere toepassingen worden benut. Na het laden van het programma kunnen ze voor het programmeren worden gebruikt. Van het programma dat geleverd wordt kunnen voor gebruik in het betreffende lokaal meerdere werkcopieen worden gemaakt.

5.5 Mogelijkheden voor uitbreiding en verdieping

In verband met de opzet van het onderwijsprogramma is het nuttig zich vooraf te orienteren op de beschikbaarheid van diverse materialen die ten behoeve van het onderwijs over deze materie kunnen worden gebruikt. Er zijn bijvoorbeeld bij diverse leveranciers films en videobanden beschikbaar, die zeer bruikbaar kunnen zijn om het onderwerp procesbesturing te relateren aan praktijksituaties, waarin automatisering van processen een rol speelt. Zeker wanneer men zich niet uitsluitend tot de technische en programmatische inhouden wil beperken kan dit materiaal een wezenlijke aanvulling betekenen voor het te gebruiken onderwijsleerpakket. Ook kan gedacht worden aan voor leerlingen geschikte teksten en aan mogelijkheden in de omgeving voor excursies.
Voor adressen van leveranciers en voor andere suggesties verwijzen we naar publicaties van de SLO met betrekking tot dit onderwerp ten aanzien van de relevante vakgebieden.

5.6 Planning van de lessen

Van de docent wordt verwacht dat hij verantwoordelijk is voor de planning van het onderwijs in het betreffende vakgebied en dat hij in staat is het onderwerp robotica in het programma als geheel verantwoord in te passen. Normaal gesproken wordt de basis daarvoor gevonden in een methode die voor het betreffende vakgebied wordt gebruikt. Het onderwijsleerpakket kan dan fungeren als een (verdere) invulling voor het onderwerp robotica/procesbesturing

voorzover dat in de methode reeds aan de orde komt. Verder kan gebruik worden gemaakt van de reeds eerder genoemde publicaties van de SLO.
Bovendien wordt de nodige bekendheid verwacht met het onderwerp procesbesturing c.q. robotica, waardoor hij in staat is het onderwerp in een bredere context te plaatsen en relaties te leggen met andere onderwerpen. Ook daarvoor zijn verschillende publicaties voorhanden die als studie- en orientatiemateriaal kunnen dienen.
Wat betreft het gaan gebruiken van het onderwijsleerpakket Robotica gaven we al eerder de suggestie om gefaseerd tot introductie over te gaan. Zeker wanneer een prakticumopzet zoals voorgesteld werd nog niet gebruikelijk is kan de introductie daarvan een aanzienlijke hoeveelheid extra werk opleveren, die daarom beter over een langere periode kan worden gespreid.
Zorg in ieder geval voor een goede planning vooraf, waardoor wordt gegarandeerd dat alle onderwerpen en aspecten voldoende aan de orde kunnen komen.

5.7 Begeleiding

Bij het werken met een prakticumopzet speelt de begeleiding een belangrijke rol. De aandacht moet daarbij over meerdere groepen en leerlingen worden gespreid. Een goede praktische organisatie van materiaalgebruik en duidelijke afspraken met de leerlingen voorkomen veel problemen en maken dat de leerlingen slechts incidenteel hulp nodig hebben die ook werkelijk didactisch en inhoudelijk van aard kan zijn. Door een doordachte groepering van de leerlingen kan ook een goed gebruik worden gemaakt van de mogelijkheid dat leerlingen elkaar helpen. Voorkom ook dat het werk door enkele leerlingen in een groep wordt gedaan terwijl anderen permanent werkeloos terzijde staan. Vorming van vaste tweetallen binnen een grotere groep kan dit probleem voorkomen. Ook de groepering van jongens en meisjes verdient ten aanzien van dit onderwerp extra aandacht.

6. Activiteiten van de leerlingen

In dit hoofdstuk worden aanwijzingen gegeven bij het leerlingenboekje. Voorafgaand aan elk deel wordt een overzicht gegeven van het algemeen doel, de vereiste voorkennis en de uitgewerkte doelstellingen. Verder wordt een beschrijving gegeven van de werking en de besturing van de diverse modellen.

6.1 Introductie

Algemeen doel

Praktische ervaring opdoen met de belangrijkste componenten waaruit een besturingssysteem is opgebouwd. In dit deel komen aan de orde:
- actuatoren (LEGO motor, LEGO lampje)
- processor (LEGO Interface, computer en LEGO Programma)
- LEGO Handbesturing

De sensoren komen in het volgende blok aan de orde.

Voorkennis

Techniek:
Bekendheid met technisch LEGO ten aanzien van:
- het bouwen van modellen met gebruik van bouwschema´s;
- overbrenging van bewegingsrichtingen;
- aansluiting lampen en elektromotoren met gebruik van aansluitschema´s;
- verandering van de draairichting van elektromotoren.

Informatiekunde:
Bekendheid met de bediening van computer en randapparaten ten aanzien van:
- aan-/uitzetten van computer, monitor en printer;
- inlezen en wegschrijven van een bestand naar cassette of diskette;
- aanwijzingen van een programma opvolgen;
- gegevens inbrengen en wijzigen door middel van een toetsenbord;
- raadplegen van een handleiding.

Uitwerking van de doelstelling

- herkennen en benoemen van onderdelen;
- gebruiken van de juiste namen van onderdelen;
- functies van verschillende onderdelen kennen en kunnen verklaren;
- verschillende onderdelen op diverse manieren kunnen aansluiten en storingen in de aansluiting kunnen verhelpen;
- kunnen werken met LEGO Programma;
- motor en lamp met handbesturing en computer kunnen aansturen;

- tijdsduurmeting kunnen verrichten met LEGO Programma.

Opbouw van het deel

Het deel bestaat uit de volgende onderdelen:

- Handbediening	pag. 2	opdracht	1 - 3
- De computer	6		4 - 8
- Motoren	12		9 -1

6.2 Reuzenrad

Algemeen doel

Praktische ervaring opdoen met sensoren.
Een eenvoudig besturingsproces kunnen beschrijven en met gebruikmaking van componenten kunnen realiseren.

Voorkennis

Het reeds geleerde in deel 1.

Uitwerking van de doelstelling

- functie van sensoren kunnen verklaren;
- verandering in sensorsignaal met de computer kunnen registreren;
- regelen van beweging en bewegingsrichting door gebruikmaking van richtingsafhankelijke elektromotoren en optosensoren;
- een model voor procesbesturing kunnen bouwen met werktekeningen en/of de mechanische werking van het model kunnen controleren;
- een besturingsprogramma kunnen ontwerpen, noteren en met de handbediening kunnen uitvoeren;
- een besturingsprogramma met een juist gebruik van een sensor in de computer invoeren, testen en uitvoeren;
- bij een besturingsprogramma gebruik kunnen maken van het controlecommando TEL en een herhalingsstructuur;
- verschillen en overeenkomsten, voordelen en nadelen kunnen aangeven tussen handbesturing en computerbesturing.

Opbouw van het deel

Het deel bestaat uit de volgende onderdelen:

- Reuzenrad	pag.16	opdracht	1 - 3
- Computerbesturing	18		4 - 9
- Sensoren	22		10
- Tellen	23		11 -13

Werking van het reuzenrad

Het reuzenrad heeft een motor die met een tandwieloverbrenging het rad linksom en rechtsom kan laten draaien.
Er zitten twee optosensoren op het model. Een sensor meet de stand van de wieken en geeft aan of een stoeltje boven (en dus ook een stoeltje beneden) staat. Dit wordt gemeten door het wel of niet aanwezig zijn van een geel blokje.
De tweede sensor geeft de motorstand of motorsnelheid door middel van een telschijfje.
De sensoren kunnen alleen gebruikt worden in combinatie met de interface.

Besturing van het reuzenrad

De motor wordt aangesloten op de uitgangen 0 en 1 van de interface en kan linksom en rechtsom draaien.
Met een sensor kan de stand van de wieken worden bepaald.
Als de wiek bovenaan staat zal de sensor een laag signaal afgeven.
Het kan voorkomen dat de afstand tussen de wiek en de sensor te groot is. De afstand mag maximaal 0.5 cm bedragen om een goede werking te garanderen.
Met een programma is het mogelijk de molen te stoppen en de mensen te laten in- en uitstappen als een stoeltje beneden is.
De tweede sensor geeft pulsjes af als de motor draait. Dit gebeurt als een telschijfje dicht bij de sensor (max. 0.5 cm) met de motor meedraait. De snelheid van het rad kan niet met behulp van de sensor worden geregeld.

6.3 Robotarm

Algemeen doel

Een besturingsproces kunnen beschrijven en met gebruikmaking van componenten kunnen realiseren.

Voorkennis

Het reeds geleerde in deel 1 en 2.

Uitwerking van de doelstelling

- regelen van beweging en bewegingsrichting door gebruikmaking van richtingsafhankelijke elektromotoren en optosensoren in combinatie met een telschijfje;
- een model voor procesbesturing kunnen bouwen met werktekeningen en/of de mechanische werking van het model kunnen controleren;

- een besturingsprogramma kunnen ontwerpen, noteren en met de handbediening kunnen uitvoeren;
- een besturingsprogramma met een juist gebruik van een sensor en een telschijf in de computer kunnen invoeren, testen en uitvoeren;
- bij een besturingsprogramma gebruik kunnen maken van de TEL-instructie en een herhalingsstructuur;
- kunnen analyseren van een probleem dat door het programmeren van de robotarm moet worden uitgevoerd.

Opbouw van het deel

Het blok bestaat uit de volgende onderdelen:

- Robotarm	pag.26	opdracht 1 - 4
- Computerbesturing	29	5 -10
- Sensor en telschijfje	32	11 -15

Werking van de robotarm

De robotarm maakt een cirkelvormige beweging en kan steentjes over de cirkelboog verplaatsen.
Het model bevat twee motoren. Een motor wordt gebruikt voor het laten draaien van de arm. De andere motor dient voor het openen en sluiten van de grijper.
Met de sensor en een telschijfje kan de positie van de robotarm binnen de cirkelboog worden bepaald.

Besturing van de robotarm

De grijper van de robotarm wordt geopend of gesloten met behulp van tandwielen, een as en twee aandrijfriemen, afhankelijk van de draairichting van de motor. Als de motor te lang draait slipt de aandrijfriem.
De grijper kan alleen kleine steentjes vastpakken en verplaatsen over de cirkelboog. Omdat er geen steentjes kunnen worden opgetild, kan de volgorde van de steentjes op de cirkelboog niet worden veranderd.
Met de tweede motor kan de arm linksom en rechtsom draaien. De arm kan zelfs meerdere rondjes draaien, maar zal dan ook de aansluitdraaien ´opdraaien´.
Op de as van de motor die de robotarm draait is een telschijfje aangebracht. Bij het ronddraaien van de robotarm geeft de aangebrachte sensor pulsjes af. Daarmee kan de draaihoek die de arm moet maken worden bepaald.
Doordat er tussen de schijfas en de motoras tandwielen zitten is het aantal pulsen bij een heengaande beweging niet precies gelijk aan het aantal bij een teruggaande beweging.

6.4 Automatische schuifdeur

Algemeen doel

Een complexer besturingsproces kunnen beschrijven en met gebruikmaking van componenten door middel van computerbesturing kunnen oplossen.

Voorkennis

Het geleerde in deel 1 en 2.

Uitwerking van de doelstelling

- regelen van beweging en bewegingsrichting door gebruikmaking van richtingsafhankelijke elektromotoren en optosensoren;
- een model voor procesbesturing kunnen bouwen met werktekeningen en/of de mechanische werking van het model kunnen controleren;
- inzien dat verandering in een besturingsproces kan optreden als gevolg van een extern signaal (onderbroken lichtstraal) of intern signaal (verstreken tijdsduur);
- een besturingsprogramma kunnen ontwerpen, noteren en met de handbediening kunnen uitvoeren;
- een besturingsprogramma met een juist gebruik van sensoren in de computer kunnen invoeren, testen en uitvoeren;
- kunnen aanbrengen van een logische programmastructuur met opeenvolging, herhaling en condities;
- het besturingsproces kunnen verbeteren door in het model en/of het programma wijzigingen aan te brengen;
- inzien dat het procesverloop mede wordt bepaald door de kwaliteit en beperkingen van het systeem.

Opbouw van het deel

Het deel bestaat uit een onderdeel:

- Automatische schuifdeur   pag.38   opdracht 1 -10

Werking van de automatische schuifdeur

Het model heeft een motor waarmee door linksom of rechtsom draaien de deur kan worden geopend of gesloten. De draaiende beweging van de motor wordt met behulp van een tandwiel en een getande strip omgezet in een schuifbeweging.
In het model zijn twee sensor-lampcombinaties verwerkt die als een lichtsluis fungeren. Door het onderbreken van de lichtstralen te detecteren kan het openen en sluiten van de deur worden geregeld.

Besturing van de automatische deur

De tijd dat het motortje draait om de deur te openen en te sluiten moet nauwkeurig worden geregeld. Als het motortje te lang doordraait kan de deur uit elkaar worden getrokken. De

tijd voor het openen en sluiten is ook niet precies gelijk omdat in de overbrenging verschillende tandwielen worden gebruikt.
Omdat de deur aan de onderkant vrij hangt kan het voorkomen dat de deur bij het sluiten scheef wordt getrokken. Dit kan eenvoudig worden opgelost door het aanbrengen van een drempeltje.
De sensoren voor de lichtsluis worden aangesloten op de ingangen 6 en 7 van de interface. Als de lichtstraal wordt onderbroken geeft de sensor een hoog signaal af. Door in een programma de sensorsignalen te gebruiken kan de deur afhankelijk van de gegeven signalen worden bediend.
Voor een goede werking van de sensoren mag de afstand tussen lampje en sensor maximaal 3 cm bedragen. De werking kan worden beinvloed door het omgevingslicht: bij het sluiten van de deur treedt dan reflectie op door de gele onderkant van de deur.

6.5 Transportband

Algemeen doel

Een complex besturingsproces kunnen beschrijven en met gebruikmaking van componenten door middel van computerbesturing kunnen oplossen.

Voorkennis

Het geleerde in deel 1, 2 en 3.

Uitwerking van de doelstelling

- regelen van beweging en bewegingsrichting door gebruikmaking van richtingsafhankelijke elektromotoren en optosensoren;
- een model voor procesbesturing kunnen bouwen met werktekeningen en/of de mechanische werking van het model kunnen controleren;
-inzien dat verandering in een besturingsproces kan optreden als gevolg van externe signalen (onderbroken lichtstraal en reflectie);
- een besturingsprogramma kunnen ontwerpen, noteren en met de handbediening kunnen uitvoeren;
- een besturingsprogramma met een juist gebruik van sensoren in de computer kunnen invoeren, testen en uitvoeren;
- kunnen aanbrengen van een logische programmastructuur met opeenvolging, herhaling en condities;
- een eenvoudig sorteerprobleem kunnen analyseren en oplossen met behulp van een besturingsprogramma voor de transportband.

Opbouw van het deel

Het deel bestaat uit de volgende onderdelen:

- Transportband	pag. 45	opdracht	1 - 2
- Programma's	48		3
- Sturen met de computer	49		4 - 6
- Geef de computer ogen	51		7 - 10
- Sorteren	54		11 - 14

Werking van de transportband

Het model is samengesteld uit twee transportbanden: een toevoerband en een sorteerband. De banden worden elk afzonderlijk door een motor aangedreven.
De toevoerband draait in een richting en voert de LEGO stenen aan voor de sorteerband. Aan het einde van de toevoerband is een sensor-lampcombinatie bevestigd, waarmee de kleur (licht of donker) of de grootte van een toegevoerd steentje kan worden bepaald. Als de lamp uit is zal een licht steentje de infraroodstraal van het sensorelement reflecteren, en een donker steentje niet. Is de lamp aan dan zal een hoog steentje de lichtstraal onderbreken, een laag steentje niet.
Afhankelijk van de op de toevoerband gemeten sensorwaarde kan de looprichting van de sorteerband worden gestuurd.
De sorteerband kan in twee richtingen draaien. De sensor wordt aan een kant van de sorteerband gemonteerd en kan het aantal stenen dat in een bepaalde richting gaat vaststellen.

Besturing van de transportband

Omdat de motor van de aanvoerband slechts in een richting hoeft te draaien kan deze op uitgang 0 worden aangesloten.
De motor van de sorteerband wordt op de uitgangen 2 en 3 aangesloten en kan in twee richtingen draaien.
De lichtsluis die gevormd wordt door een lampje en een sensorelement wordt aan het uiteinde van de toevoerband geplaatst. De vorm (hoog of laag) van de voorbijkomende steentjes kan worden bepaald door te kijken of de lichtstraal wordt onderbroken. Als het lampje uit is kan op kleur (licht en donker steentje) worden gesorteerd. Als een licht steentje voorbijkomt wordt een hoog signaal afgegeven. Bij een donker steenje een laag signaal. Als er geen steentjes voorbijkomen wordt ook een laag signaal afgegeven. Afhankelijk van de sensorsignalen kan het programma de sorteerband de opdracht geven linksom of rechtsom te draaien, waardoor de steentjes worden gesorteerd. De tweede lichtsluis kan dan gebruikt worden om het aantal elementen van een bepaalde soort te tellen. Met de telfunctie kan niet echt worden geteld: het is alleen mogelijk vast te stellen wanneer een bepaald aantal steentjes van een soort is bereikt.

Aanwijzingen bij opdracht 14

Bij de uitvoering van opdracht 14 kan zich bij de sensorcontrole het volgende probleem voordoen.
Band A loopt in de kortst mogelijke tijd (een seconde) al zover door, dat het voor kan komen dat de blokjes al voorbij de sensor geschoven zijn als de computer aan de ALS-instructie begint. Daardoor lijkt het of de computer de blokjes niet ziet. Dit probleem kan worden opgelost door een pauze in te lassen voor de eerste ALS-instructie.
Om te kunnen sorteren moeten de sensoren op elkaar worden gezet. De dikke blokjes kunnen er dan alleen goed langs als de onderste sensor iets van de band af wordt gemonteerd. Zet daarvoor een extra bouwsteen tegen het frame van de band.
Soms stopt band A te vroeg. Laat band A dan binnen de ALS-lussen nog even doorlopen met een extra instructie.

6.6 Wasmachine

De werking van de wasmachine

De wasmachine bevat een motortje om de wastrommel te laten draaien. Verder worden twee sensoren gebruikt. Een sensor dient in combinatie met een schuifje als hoofdschakelaar om de machine aan en uit te zetten. De andere sensor fungeert als veiligheidsschakeling om na te gaan of de deur gesloten is. Er zijn twee lampjes in het model opgenomen om aan te geven wat er in de machine gebeurt. Ze kunnen bijvoorbeeld aangeven of het verwarmingselement water verwarmt of dat de pomp werkt om water uit de machine te pompen.

Besturing van de wasmachine

Het motortje kan de wastrommel linksom en rechtsom aandrijven met behulp van een aandrijfriem. De motor wordt aangesloten op de uitgangen 0 en 1. Omdat de snelheid van de trommel niet geregeld kan worden zal deze bij wassen en centrifugeren gelijk zijn.
De hoofdschakelaar is een schuifje met daarachter een sensor. Als het schuifje voor de sensor wordt geschoven geeft deze een laag signaal af. Het programma kan daardoor testen of de hoofdschakelaar van de machine aan of uit staat.
De deurschakelaar werkt op dezelfde wijze.
Met de lampjes kan worden aangegeven wat zich binnen in de machine afspeelt. Er zijn diverse funkties mogelijk, zoals toevoer van water, leegpompen, verwarming en centrifugeren.
Omdat in bouwdoos 1090 maar twee lampjes voorhanden zijn zal een keuze moeten worden gemaakt. Er kan eventueel met combinaties van de twee lampjes worden gewerkt. Het is ook mogelijk extra lampjes aan te schaffen. Op de interface kunnen behalve de motor van de wastrommel vier lampjes worden aangesloten.

Tot besluit

Naar we hopen heeft U met hulp van deze handleiding de eerste stappen kunnen ondernemen om een begin te maken met het gebruik van het onderwijsleerpakket Robotica.
Deze handleiding heeft ook niet de pretentie meer te bieden dan deze eerste hulp. Uw eigen ervaringen met het materiaal en de ervaringen van de leerlingen met het gebruik daarvan zullen al gauw de verdere richting gaan bepalen.
We wensen U daarbij veel plezier en succes toe.